

Brenner Basistunnel: Aktueller Stand

Prof. K. Bergmeister

Am Projekt Brenner Basistunnel werden derzeit die Erkundungsstollenabschnitte gebaut und demnächst die übergeordnete Leitplanung (guide design) für den Haupttunnel begonnen. Der folgende Beitrag gibt einen Überblick über den Stand der Arbeiten.

1 Die TEN-Achse von Berlin nach Palermo

Das grenzüberschreitende europäische Prioritätsprojekt TEN-Projekt Nr. 1 stellt eine etwa 2200 km lange Eisenbahn-Hochleistungsstrecke zwischen Berlin/D und Palermo/I dar. Im Abschnitt zwischen Berlin und Neapel/I sind auf einer Länge von über 1600 km bereits $\frac{3}{4}$ in Bau oder in Betrieb.

Der südliche Abschnitt zwischen Verona und Neapel wurde nun vollständig mit dem letzten Teilstück zwischen Bologna und Florenz im Dezember 2009 in Betrieb genommen. Von Verona nach Franzensfeste wurden 5 prioritäre Abschnitte definiert. Dabei handelt es sich um die Einfahrt nach Verona und die unterirdische Umfahrung von Trient und Rovereto. Für den Abschnitt im Südtiroler Unterland wurden die ersten geologischen Studien, die Machbarkeitsstudie und die Trassenfindung abgeschlossen. Auch

die Stadt Bozen soll mit einem etwa 14 km langen Tunnel umfahren werden. Ein wichtiger Abschnitt ist die Strecke zwischen Waidbruck/Ponte Gardena und Franzensfeste/Fortezza. Die Bestandsstrecke weist dort eine Steigung von 23 % auf.

Im Bahnhof Franzensfeste beginnt der 55 km lange Brenner Basistunnel [1]. Die neue Eisenbahnverbindung bindet in die bestehende Umfahrung von Innsbruck ein, womit eine 62,5 km lange unterirdische Tunnelverbindung entsteht. Die Umfahrung bei Innsbruck mündet in die 41 km lange Untertaltrasse zwischen Baumkirchen und Kundl ein. Diese soll im Jahre 2012 fertig gebaut und in Betrieb gesetzt werden.

Zur politischen Unterstützung eines zeitgerechten Ausbaus und zur Durchsetzung der rahmenpolitischen Maßnahmen für eine Verkehrsverlagerung von der Straße auf die Schiene wurden von allen 3 Mitgliedsstaaten am 18. Mai 2009 in Rom ein Aktionsprogramm unterschrieben, das von den 3 Mitgliedsstaaten, den 5 betroffenen Regionen und den Bahnbetreibern zeitgerecht umgesetzt werden muss (Bild 1).

O. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. phil. Dr. techn. M. Sc. Konrad Bergmeister, Vorstand Brenner Basistunnel SE, Innsbruck/A

Brenner Base Tunnel: Stage reached by Construction

Prof. K. Bergmeister

Currently the exploratory tunnel sections are being produced for the Brenner Base Tunnel project and the guide design for the main tunnel is to be embarked on in the near future. The following report provides an overview pertaining to the stage reached by construction.

1 The TEN Axis from Berlin to Palermo

The trans-border European priority scheme TEN Project No. 1 represents a roughly 2,200 km long high-speed railway route between Berlin/D and Palermo/I. Between Berlin and Naples/I $\frac{3}{4}$ of the 1,600 km section is already under construction or in operation.

The southern section between Verona and Naples started operating in its entirety in December 2009 when the part-section between Bologna and Florence was finished. Five priority sections were defined from Verona to Franzensfeste. These include the access to Verona and the underground bypassing of Trient and Rovereto. The first geological studies, the feasibility study and the route alignment were completed for the section in the Tyrolean lowland. The city of Bozen is also to be bypassed by a roughly 14 km long tunnel. The section between Waidbruck/Ponte Gardena and Franzensfeste/Fortezza is an important one. There the existing route possesses a 23 % gradient.

The 55 km long Brenner Base Tunnel [1] starts at Fran-

zensfeste Station. The new rail route joins up with the existing Innsbruck bypass thus creating a 62.5 km long underground tunnel link. The bypass at Innsbruck joins up with the 41 km long Lower Inn Valley route between Baumkirchen and Kundl, which is scheduled to be completed and in operation by 2012.

A programme of action was signed by all 3 member states on May 18th, 2009 to support time-related development and to push through the relevant political measures for transferring traffic from road to rail. The 3 member states and the 5 affected regions and the railway operators are committed to putting this programme into practice according to schedule (Fig. 1).

2 Current Knowledge of the Geology – Hydrogeology

In geographical terms the entire length of the planned

Prof. Konrad Bergmeister, Board of the Brenner Base Tunnel, Innsbruck/A

2 Derzeitige Kenntnis der Geologie – Hydrogeologie

Der geplante Brenner Basistunnel führt in seiner Gesamtlänge geografisch durch den zentralen Bereich der Ostalpen, geologisch hingegen durch das empor gewölbte Zentrum der Kollisionszone der europäischen und adriatischen (afrikanischen) Platten, die in Form mehrerer übereinander gestapelter Decken vorliegen. Der Tunnel quert dabei das Tauernfenster, das infolge der angesprochenen Emporwölbung Einblick in den tieferen Krustenbereich der Ostalpen gewährt. Die großtektonischen Einheiten entlang der gesamten Tunneltrasse sind von Norden nach Süden das Unterostalpin, die penninischen Decken des Tauernfensters, eine schmale Zone mit Oberostalpin und tertiären Intrusivgesteinen im S des Tauernfensters und das Südalpin (Bild 2).

Betrachten wir nun die geradlinige Wegführung des Tunnels von Innsbruck (km 0) bis nach Franzensfeste (km 55).

Innsbrucker Quarzphyllite bis Km 14

■ Im Bereich der Innsbrucker Quarzphyllite wird nördlich des

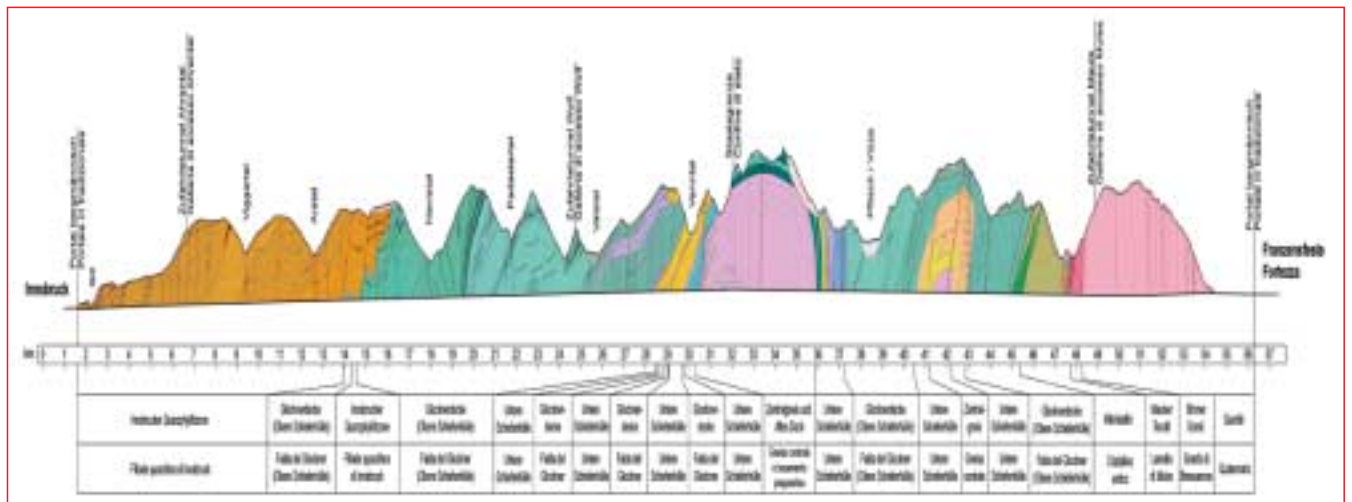


1 TEN-Achse Nr. 1 zwischen Berlin und Palermo
 1 TEN axis No. 1 between Berlin and Palermo

bestehenden Umfahrungstunnels von Innsbruck ein neuer Rettungstollen mit ca. 5,3 km Länge gebaut. ■ 0 bis Km 14: Unterostalpin/ Innsbrucker Quarzphyllitzone
 Analog zum Inntaltunnel wird außerhalb von Störzonen nachbrüchiges Gebirgsverhalten erwartet, welches mit zunehm-

Brenner Base Tunnel runs through the central area of the eastern Alps. However, geologically speaking it passes through the ascending arched centre of the collision zone between the European and Adriatic (African) plates, which are present in the form of a number of nappes lying on top of each other. In the

process the tunnel crosses the Tauern Window, which provides an insight into the deeper crust zone of the eastern Alps on account of the arched effect that was referred to. From north to south along the entire tunnel route the major tectonic units are the Unterostalpin, the Penninic nappes of the Tauern



2 Geologischer Längsschnitt
 2 Geological longitudinal section

mender Überlagerung in Scherversagen und bei Annäherung an das Tauernfenster zu Druckerscheinungen über geht. Entscheidend beeinflusst wird das Gebirgsverhalten von den Störungszonen. Die gering mächtigen querschlägig verlaufenden Störungen wirken sich untergeordnet aus. Kritisch sind die spitzwinkelig verlaufenden Wipptal-Abschiebungen und die vermutete mächtige Ahrentalstörung, die Westfortsetzung der im Inntaltunnel durchörterten mächtigen Lavierentalstörung.

In der Innsbrucker Quarzphyllitdecke gibt es kein bedeutendes Fließsystem. Nur in den Hauptstörungen können höhere Durchlässigkeiten auftreten, womit aber wenig bedeutende Fließsysteme verbunden sind.

Km 14 bis 28,5

■ Km 14 bis 19: Nordrahmenzone des Tauernfensters

Die Verhältnisse sind stark wechselhaft, sie sind nachbruchig und neigen zu einem Scherversagen. Die Anhydrit führenden Lagen sind auf Zentimeter-Bereiche begrenzt und daher nicht maßgebend. Allerdings sind größere Schollen von Anhydrit, Dolomit, etc. nicht auszuschließen. Neben der voraussichtlich 50 m mächtigen Miskopf-Tauernnordrandstörung bedingen die spitzwinkelig verlaufenden Störungen der Nord-Südstreichenden Abschiebungen nachhaltige Druckerscheinungen.

■ Km 19 bis 28,5: Glocknerdecke

Im südlichen Bereich ist bei Antreffen von vermehrten Schwarzphylliten leicht druckhaftes Gebirge zu erwarten, während in den Anhydriten keine hohen Schwelldrücke auftreten werden.

Hydrogeologisch geht die Innsbrucker Phyllitdecke durch einen hydrogeologisch unbedeutenden, duktilen tektoni-

schon Kontakt in die Glocknerdecke über. Die Glocknerdecke besteht aus Bündnerschiefern, die abwechselnd von kalkreichen und kalkarmen Bündnerschiefern gebildet sind. Innerhalb der Bündnerschiefer sind lokal Dolomit, Quarzite, Anhydrite, Grauwacken und Serizitschiefern vorhanden.

Die mit den kalkreichen Bündnerschiefern verbundenen Durchlässigkeiten sind bei der Abwesenheit von Lösungsphänomenen gering. Mit dem kalkarmen Bündnerschiefer ist eine niedrige bis sehr niedrige Durchlässigkeit verbunden. An den Hauptstörungszonen können die Durchlässigkeiten eine erhebliche Zunahme erfahren. Das kann im kalkreichen Bündnerschiefer auftreten, da sich in den Schadenszonen Stellen mit chemischen Ablösungen bilden. Das Vorhandensein von bedeutenden Fließsystemen auf Tunnelniveau in der Zone der Durchquerung solcher Einheiten kann ausgeschlossen werden.

Km 28,5 bis 36

■ Km 28,5 bis 30,3: Untere Schieferhülle nördlich des Tuxer Zentralgneiskerns

Dieser Abschnitt ist von wechselhaften Gebirgsverhältnissen geprägt. Es ist überwiegend mit Scherversagen und tiefreichender Entfestigung sowie mit starkem Wasserzutritt zu rechnen. Örtlich können Anhydrit-Auslaugungen und Materialaustrag auftreten, welche rolliges Gebirge bedingen.

■ Km 30,3 bis 36: Zentralgneis – Brennergrenze

Der Zentralgneis dürfte generell standfest sein, es ist jedoch mit Kluftkörperablösungen zu rechnen. Im Bereich der Olperer Störungen sind Druckerscheinungen zu erwarten, ansonsten dürften die Störungen das Gebirgsverhalten nicht maßgeblich beeinflussen.

Nach Süden gehen die Bündnerschiefer der Glockner-

Window, a narrow zone with Oberostalpin and tertiary intrusive rocks in the S-shape of the Tauern Window and the Südalpin (Fig. 2).

Let us now consider the straight route alignment of the tunnel from Innsbruck (km 0) to Franzensfeste (km 55).

Innsbruck Quartz Phyllite to km 14

■ A new evacuation tunnel with a length of some 5.3 km is being built to the north of the existing bypass tunnel in the Innsbruck quartz phyllite zone.

■ 0 to 14 km: Unterostalpin/Innsbruck quartz phyllite zone

In similar fashion to the Inntal Tunnel crumbling rock behaviour is expected outside fault zones, which transforms to shear failure as the overburden increases and to pressure phenomena when nearing the Tauern Window. The rock behaviour is decisively influenced by the fault zones. The shallow transverse faults play only a subordinate role. The Wipp normal faults running at an acute-angle and the presumed thick Ahrental fault, the continuation towards the west of the massive Lavierental fault penetrated by the Inntal Tunnel are critical.

There is no significant flow system in the Innsbruck quartz phyllite nappe. Higher permeabilities can only occur in the main faults, however only less significant flow systems are linked with them.

14 to 28.5 km

■ 14 to 19 km: North marginal zone of the Tauern Window

The conditions vary substantially; they are friable and tend towards shear failure. The layers containing anhydrite are restricted to a few cm and thus unimportant. However major blocks of anhydrite, dolomite etc. cannot be precluded. Apart from the presumed 50 m thick Miskopf Tauern northern mar-

ginal fault the acute-angled faults of the north-south running normal faults result in sustained pressure phenomena.

■ 19 to 28.5 km: Glockner nappe

Slightly squeezing rock is to be expected in the southern zone when encountering black phyllites to an increasing extent, whereas no high swelling pressures will occur in the anhydrites.

Hydrogeologically speaking the Innsbruck phyllite nappe transforms to become the Glockner nappe through hydrogeologically insignificant, ductile tectonic contact. The Glockner nappe constitutes Bündner slates, which are formed from slates containing varying degrees of lime. Within the slates, dolomites, quartzites, anhydrites, grey wackes and serizite slates are to be found.

The permeabilities associated with the lime-rich Bündner slates are low in the absence of solution phenomena. As far as the Bündner slates that are low in lime are concerned they are associated with slight or very slight permeability. Permeabilities in the main fault zones can experience a considerable increase. This can occur in the lime-rich Bündner slates as areas with chemical solutions can form in zones affected by damage. The existence of significant flow systems at tunnel level in the zone where such units are penetrated can be precluded.

28.5 to 36 km

■ 28.5 to 30.3 km: Lower slate mantle to the north of the Tux central gneiss core.

This section is characterised by alternating rock conditions. Shear failure and deep-lying deconsolidation as well as pronounced ingressing water are to be reckoned with. Locally anhydrite elution and material discharge can occur, which result in crumbling rock.

decke durch eine Schuppenzone in die Untere Schieferhülle über. Diese Einheit besteht, von oben nach unten, aus Gesteinen der sedimentären, permo-mesozoischen Bedeckung, die verschieden verfaultet aus Schiefern, Metakarbonaten und untergeordneten evaporitischen Gesteinen und aus Zentralgneis gebildet wurde. Die sedimentären Bedeckungen weisen variable Durchlässigkeitseigenschaften auf und können auch Fließsysteme umfassen. Mit dem Zentralgneis im Brennerbereich sind keine Fließsysteme verbunden, da seine Durchlässigkeit gering ist. Mittlere Durchlässigkeiten treten nur in Störungszonen auf.

Km 36 bis 40,5

■ Km 35,9 bis 37,2: Untere Schieferhülle der Pfitscher Synform

Die Wechselfolgen der Gebirgsarten und deren Variabilität erschweren die Charakterisierung des Gebirgsverhaltens, welches überwiegend durch Scherversagen bestimmt wird. Die querverlaufenden Störzonen verstärken ein mögliches Scherversagen.

■ Km 37,2 bis 40,5: Glockner Decke der Pfitscher Synform

Die Bündner Schiefer weisen unterschiedliches Verhalten auf, welches von gefügebedingten Ausbrüchen bis stark druckhaft reicht. Dieses Verhalten dürfte auf kurze Bereiche und die Störzonen beschränkt sein.

Hydrogeologisch gibt es in Gneisen zwischen dem Brenner und dem Pfitschertal kein bedeutendes Fließsystem. Ein bedeutenderes Fließsystem könnte sich an der Grenze zwischen dem Gneis und der aufliegenden Glocknerdecke (Bündnerschiefer) befinden.

Km 40,5 bis 47,5

■ Km 40,5 bis 43: Untere Schieferhülle/Zentralgneis

In diesem Abschnitt können gefügebedingte Ausbrüche auftreten.

■ Km 43 bis 45,4: Glockner Decke

Die Bündner Schiefer verhalten sich südlich der Hochwölbung ähnlich wie nördlich davon; das höhere Spannungsniveau kann zu stärkeren Druckerscheinungen führen.

■ Km 45,4 bis 47,5: Oberostalpin Kristallin

Im Ostalpin werden gefügebedingte Ausbrüche und hohlraumnahe Festigkeitsversagen sowie eine Großstörung erwartet.

Südlich des Pfitschertals sind die hydrogeologischen Komplexe um die große Tulver-Senges Antiform verfaultet. Die Abschnitte bestehen aus den Bündnerschiefern der Glocknerdecke, innerhalb derer das Vorhandensein von bedeutenden Fließsystemen nicht erwartet wird.

Km 47,5 bis 48,2: periadriatische Störungszone

■ Km 47,5 bis 48,2: Maulser Tonalitlamelle/periadriatische Störungszone

Die bisherigen Kenntnisse der Bohrungen in Mauls zeigen, dass zahlreiche Störungen einen geotechnisch schwierigen Bereich bewirken, welcher durch Wasserzutritte zusätzlich verschlechtert wird.

Km 48,2 bis 55

■ Km 48,2 bis 55: Brixner Granit

Der Brixner Granit ist ein standfestes relativ hartes Gebirge, das sich auch beim Erkundungsstollen Aicha-Mauls bestätigte. Einzelne lokal entfestigte Bereiche sind jedoch möglich.

3 Stand des Brenner Basistunnels

3.1 Wesentliche Kenndaten des Projekts

Mit der Umfahrung von Innsbruck wird der Brenner Basistunnel mit 62,7 km die

■ 30,3 to 36 km: Central gneiss – Brenner boundary

The central gneiss can largely be regarded as being stable; however, joint plane solutions are to be reckoned with. Pressure phenomena are expected in the Olper Faults area; otherwise the faults will probably not greatly influence the rock behaviour.

Towards the south the Bündner slates of the Glockner nappe pass through an imbricated zone to form the lower slate mantle. This unit starting from the top consists of sedimentary, permo-mesozoic covering rocks, which were formed from various layers of slates, meta-carbonates and subsidiary evaporitic rocks and central gneiss. The sedimentary coverings possess variable permeability characteristics and can also embrace flow systems. No flow systems are associated with the central gneiss in the Brenner area, as it possesses low permeability. Average permeabilities only occur in fault zones.

36 to 40.5 km

■ 35.9 to 37.2 km: Lower slate mantle of the Pfitsch Synform

The intermittent bedding of the types of rock and their variability make it more difficult to characterise the rock behaviour, which is largely governed by shear failure. The transverse fault zones reinforce possible shear failure.

■ 37.2 to 40.5 km: Glockner nappe of the Pfitsch Synform

The Bündner slates reveal varying behaviour, ranging from structurally-related cavities to extreme squeezing behaviour. This behaviour appears to be confined to short areas and the fault zones.

Hydrogeologically speaking there is no significant flow system in the gneisses between the Brenner and the Pfitschertal valley. A more important flow system could possibly be located

on the boundary between the gneiss and the covering Glockner nappe (Bündner slate).

40.5 to 47.5 km

■ 40.4 to 43 km: Lower slate mantle/central gneiss

Structurally-related cavities can occur in this section.

■ 43 to 45.4 km: The Bündner slates display the same behaviour to the south of the high arch as to the south of it; the higher stress level can lead to stronger pressure phenomena.

■ 45.4 to 47.5 km: Oberostalpin Crystalline

In the Ostalpin structurally-related cavities and cavity-like strength failure as well as a major fault are anticipated.

To the south of the Pfitschertal the hydrogeological complexes are folded around the large Tulver-Senges Antiform. The sections consist of the Bündner slates of the Glockner nappe, within which significant flow systems are not expected.

47.5 to 48.2 km: Periadriatic Fault Zone

■ 47.5 to 48.2 km: Mauls tonalitic Lamella/Periadriatic Fault Zone

The existing findings obtained by drilling at Mauls reveal that numerous faults result in a geotechnically tricky area, which in addition is exacerbated through ingressing water.

48.2 to 55 km

■ 46.2 to 55: Brixner Granite

Brixner Granite represents a stable relatively hard rock, which was also confirmed by the Aicha-Mauls exploratory tunnel. However, individual deconsolidated sectors are possible.

3 Stage reached by the Brenner Base Tunnel

3.1 Essential Criteria of the Project

Together with the Innsbruck bypass the 62.7 km Brenner

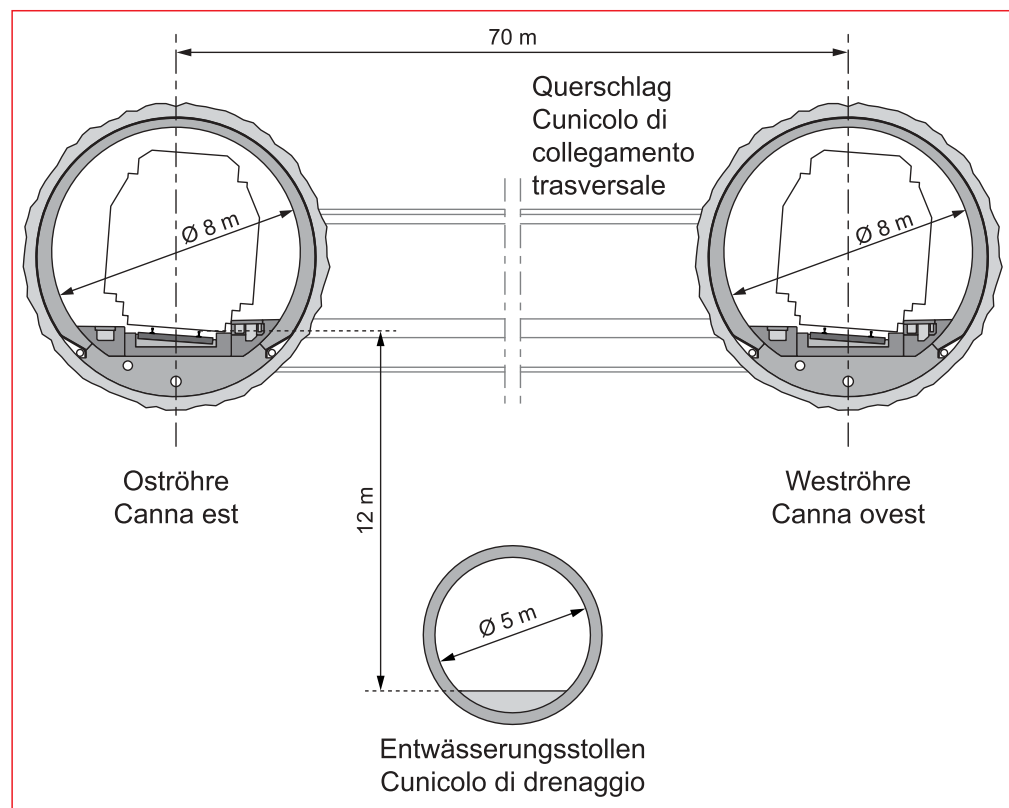
längste unterirdische Eisenbahnverbindung der Welt. Er besteht aus 2 nebeneinander liegenden Röhren mit einem Innendurchmesser von etwa 8 m und einem Abstand von 70 m. Unterhalb dieser Hauptrohre befindet sich der Erkundungsstollen mit kleinerem Durchmesser, der zur Vorerkundung und später zur Entwässerung dient (Bild 3). Die wichtigsten Kenndaten des Brenner Basistunnels sind:

- Länge: $55 + 6,5 = 62,5$ km
- Längsneigung: 5,0 bis 6,7 ‰
- Scheitelhöhe des Basistunnels: 795 m ü. d. M.
- Nettoquerschnitt der Hauptrohre: ca. 43 m^2
- Abstand der Querschläge: 300 m.

Mittig, etwa ca. 12 m unterhalb der Hauptrohre wird ein Erkundungsstollen vorgetrieben. Dieser hat einen Innendurchmesser von etwa 5 m, der prioritär der geologischen Untersuchung entlang der gewählten Trasse dient. Später wird er als Entwässerungsstollen benutzt, was technisch durchaus Sinn macht, da Erhaltungsmaßnahmen der Entwässerungsrohre ohne den Bahnbetrieb zu stören stets möglich sind.

Insgesamt sind 3 Multifunktionsstellen in einem Abstand von etwa 20 km vorgesehen und zwar bei der Umfahrung Innsbruck, in St. Jodok (südlich von Steinach) und in Trens (nördlich von Mauis). Diese Multifunktionsstellen werden durch einen befahrbaren Zufahrtstunnel erschlossen.

Im Brenner Basistunnel soll entsprechend der TSI-Richtlinie ein 25 kV – 50 Hz Traktionsystem installiert werden. Für den Brenner Basistunnel bzw. alle Neubauabschnitte der Brennerachse wurde als Zugsicherungssystem das ERTMS-Level 2 (European Rail Traffic Management System) entsprechend der TSI CCS festgelegt.



3 Regelquerschnitt des Haupttunnels mit Erkundungsstollen

3 Standard cross-section of the main tunnel with exploratory tunnel

Die Betriebsleitzentrale wird sich in Innsbruck befinden; eine Notzentrale in Verona oder Bologna (Bild 4).

3.2 Genehmigung

Im Jahre 2002 wurde das Vorprojekt erstellt und im März 2008 sowohl in Italien als auch in Österreich das Einreich- bzw. UVP-Projekt den Behörden zur Genehmigung vorgelegt. In Österreich wurde mit Bescheid der Bundesministerin für Verkehr, Innovation und Technologie vom 15. April 2009 die Baugenehmigung nach dem österreichischen Eisenbahngesetz und die weiteren Genehmigungen erteilt. Die übrigen Genehmigungen bezüglich des Wasserrechts, des Denkmalschutzes und der Deponien wurden vom Landeshauptmann von Tirol am 16. April 2009 erteilt. Gegen einzelne Genehmigungen wurden Berufungen oder Be-

Base Tunnel is the world's longest underground rail link. It consists of 2 bores located alongside one another with an internal diameter of roughly 8 m and set 70 m apart. The exploratory tunnel with a smaller diameter, which is for advance investigation purposes and for subsequent drainage, is to be found underneath the main tunnels (Fig. 3). The most important features of the Brenner Base Tunnel are:

- length: $55 + 6.5 = 62.5$ km
- longitudinal gradient: 5.0 to 6.7 ‰
- apex height of the Base Tunnel: 795 m ASL
- net cross-section of the main bores: approx. 43 m^2
- distance between cross-passages: 300 m.

An exploratory tunnel is being driven centrally approx. 12 m below the main bores. It possesses an internal diameter

of some 5 m. It mainly serves for examining the geology along the selected route. At a later stage it will be used for drainage purposes, something which makes perfect sense in technical terms as it will always be possible to undertake maintenance in the drainage tunnel without affecting rail services.

Altogether 3 multi function stations set some 20 km apart are foreseen namely at the Innsbruck bypass, at St. Jodok (south of Steinach) and at Trens (to the north of Mauis). These multi function stations will be opened up by a negotiable access tunnel.

A 25 kV – 50 Hz traction system is to be installed in the Brenner Base Tunnel in accordance with the TSI Guideline. For the Brenner Base Tunnel and all newly constructed sections of the Brenner Axis the ERTMS – Level 2 (European Rail Traffic

schwerden von Verbänden oder Organisationen hinterlegt. Einige Berufungen wurden abgewiesen, andere Verfahren laufen derzeit noch.

Die Finanzierung des Projektes erfolgt in Österreich über den Infrastruktur-Rahmenplan der ÖBB (Vereinbarung vom 24. Juli 2009 zum Rahmenplan 2009–2014). Die zugehörigen gesetzlichen Bestimmungen traten am 19. August 2009 mit § 42 Bundesbahngesetz, Novelle BGBl. I Nr. 95/2009 in Kraft.

In Italien wurde am 31. August 2009 durch den Interministeriellen Ausschuss für Wirtschaftsplanung (CIPE) das Einreichprojekt für das gesamte Vorhaben genehmigt. Auch die Anforderungen zur Tunnel-sicherheit wurden geregelt und gemäß den Richtlinien abgeschlossen. Mit dem CIPE-Beschluss und dem Finanzgesetz 2010 Nr. 191 vom 23. Dezember hat sich Italien verpflichtet, das gesamte Bauvorhaben zu finanzieren.

3.3 Tunnelbau beim Brenner Basistunnel

3.3.1 Bau der Erkundungsstollen-Abschnitte

Beim Brenner Basistunnel wird vorausseilend ein tiefer verlaufender Erkundungsstollen gebaut. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse aus dem Tunnelmonitoring fließen in die Beurteilung der Ausbruch- und Sicherungsmethoden neben der Erfahrung ein [2].

Seit August 2007 wird am 10,5 km langen Erkundungsstollen Aicha–Mauls gearbeitet. Mit einer Doppelschildmaschine und Tübbingausbau wurden im Brixner Granit bereits 6,5 km gebaut. Die TBM weist einen Durchmesser von 6,3 m auf. Die mit Bewehrungsmatten bewehrten Tübbinge (4 Elemente und 1 Schlussstein) haben eine Wanddicke von 20 cm und eine Breite von 1,5 m. Das vorge-

Management System) was chosen as the train safety system in keeping with the TSI CCS. The traffic control centre will be set up at Innsbruck; an emergency centre at Verona or Bologna (Fig. 4).

3.2 Approval

The preliminary project was drafted in 2002 and the detailed scheme and environmental compatibility project passed on to the authorities in Italy and Austria for their approval in March 2008. In Austria construction approval in keeping with the Austrian Railway Act and further permits were awarded by the Federal Ministry for Transport, Innovation and Technology on April 15th, 2009. Additional permits relating to waterways, conservation and landfills were granted by the governor of Tyrol. Appeals or complaints were lodged by certain groups or organisations against individual permits. Some of these were rejected but others are still in the process of being dealt with.

In Austria the project is being financed by the ÖBB Infrastructure Framework Plan (agreement reached on July 24th, 2009 on the Framework Plan 2009–2014). The relevant legal regulations came into force on August 19th, 2009 in the form of the § 42 Bundesbahngesetz, Novelle BGBl. I Nr. 95/2009.

The documents tabled for the entire project were approved in Italy on August 31st, 2009 by the Interministerial Committee for Economic Planning (CIPE). The requirements relating to tunnel safety were also regulated and concluded in accordance with the guidelines. With the CIPE resolution and the Finance Act 2010 No. 191 from December 23rd Italy has committed itself to financing the entire construction project.



4 Lageplan des Brenner Basistunnels

4 General plan of the Brenner Base Tunnel

fundene Ausbruchmaterial nach etwa 500 m ist ein sehr harter Granit mit Los-Angeles-Werten zwischen 15 und 20. Vom Anbindungspunkt des Fensterstollens Mauls in nördlicher Richtung bis zur Periadriatischen Naht werden derzeit auch die 700 m Erkundungsstollen konventionell vorangetrieben. Der Erkundungsstollen hat einen Querschnitt von 31 m² und eine Längsneigung von etwa 0,5 %.

Das nächste Bauos betrifft die Durchörterung der etwa 1100 m langen Periadriatischen Naht, wo zuerst mittels Horizontalbohrungen vorausseilend der Gebirgsdruck und mögliche Wassereintritte erkundet werden.

Der 1,8 km lange Fensterstollen bei Mauls mit einer Längsneigung von 8,5 % wurde mit Sprengvortrieb bereits fertig gestellt. Dabei wurde ein Querschnitt mit 92 m² hergestellt, welcher für die Baugistik notwendig ist. Die Sicherung erfolgt mit einem faserverstärkten Spritzbeton und in Teilbereichen mittels Anker (Superswellex). Im Mittel konnten 5 m pro Tag konventionell

vorgetrieben werden. Die Wassereintritte waren in diesem Abschnitt gegenüber den Voraussagen wesentlich geringer und betragen etwa 5 l/s.

Auch die Arbeiten des 400 m langen oberflächennahen Tunnels Unterplattner, wo die Förderbänder zwischen Baustelle Aicha und der Deponie Hinterrigger verlaufen, wurden abgeschlossen.

Die Arbeiten am Erkundungsstollen Innsbruck–Ahrental wurden am 4. Dezember 2009 begonnen. Nach dem Bau der Gewässerschutzanlagen wird mittels Sprengvortrieb in

3.3 Tunnelling at the Brenner Base Tunnel

3.3.1 Building the exploratory Tunnel Sections

An exploratory tunnel, which runs at a greater depth, is being built in advance for the Brenner Base Tunnel. The findings thus obtained through tunnel monitoring will flow towards assessing the excavation and supporting methods alongside experience [2]. Since August 2007 work has been progressing on the 10.5 km long Aicha–Mauls exploratory tunnel. 6.5 km has already been bored through Brixner Granite using a double

shield machine and segmental support. The TBM possesses 6.3 m diameter. The segments (4 elements and a keystone) provided with reinforcement matting have 20 cm wall thickness and are 1.5 m wide. The excavated material uncovered after some 500 m is an extremely hard granite with Los Angeles values varying from 15 to 20. From the point joining up with the Mauls access tunnel towards the north in the direction of the Periadriatic Seam the 700 m exploratory tunnel is also being driven by conventional means. The exploratory tunnel has a 31 m² cross-section and a longitudinal gradient of about 0.5 %.

The next contract section concerns the penetration of the roughly 1,100 m long Periadriatic Seam, where initially the rock pressure and possible ingressing water will be investigated using horizontal drilling.

The 1.8 km long access tunnel at Mauls with 8.5 % longitudinal gradient has already been completed using drill+blast. Towards this end a 92 m² cross-section was produced, which is needed for the construction logistics. Supporting was executed with a fibre-reinforced shotcrete and by means of anchors (Superswellex) in some sections. 5 m per day was the average rate of advance accomplished

Tabelle 1: Beanspruchungen der Tunnelschale Aicha–Mauls

Table 1: Stresses on the Tunnel Shell Aicha–Mauls

Einheit Unit	Maximum	Position	Minimum	Position
σ_{xx} [MPa]	-1,871	Tunnelschale/Tunnel shell, -45°-Richtung/Direction	0,238	Tunnelschale/Tunnel shell, 0°-Richtung/Direction
σ_{yy} [MPa]	-4,322	Tunnelschale/Tunnel shell, 0°-Richtung/Direction	0,089	Tunnelschale/Tunnel shell, 90° und -90°
x-Verformung/ Deformation [m]	2,847E-5	Rechtsseitiger Gebirgskörper nahe der Tunnelschale Rock body at the right side near the tunnel shell	-2,618E-5	Gebirgskörper nahe der Tunnelschale, 45°- und -45°-Richtung Rock body near the tunnel shell, 45° and -45° direction
y-Verformung/ Deformation [m]	-2,599E-3	Oberfläche des Gebirgskörpers über der Tunnelschale Surface of the rock body near the tunnel shell		

der Sillschlucht bei Innsbruck der erste etwa 290 m lange Abschnitt gebaut. Auf den ersten 30 m mit nachbrüchigem Gebirge werden zur Begrenzung des Überprofils und zum Schutz der Mineure Stahlspeie zur vorausseilenden Sicherung des Arbeitsraumes an der Ortsbrust eingesetzt. Anschließend werden der Erkundungsstollen Innsbruck–Ahrental mit 5,4 km und der Fensterstollen Ahrental mit 2,42 km mittels Sprengvortrieb gebaut.

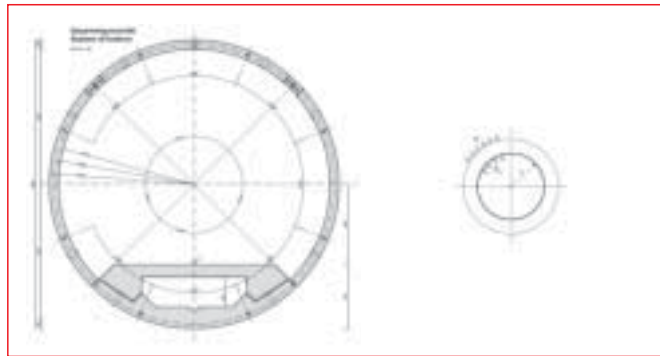
Die nächsten Abschnitte des Erkundungsstollenprogramms betreffen den Bereich Wolf, wo neben 2 oberflächennahen Zufahrtsstollen (Abfahrt von der Autobahn: 900 m langer Saxentunnel und Zufahrt zur Deponie Padastertal: 500 m langer Padastertunnel) der Baustellenbereich und der Fensterstollen Wolf gebaut wird.

3.3.2 Monitoring

Zur Beobachtung der Felsformationen und zur Beweissicherung wurde für den Erkundungsstollen beim Brenner Basistunnel ein umfangreiches Monitoring-Programm entwickelt bzw. von der Behörde vorgeschrieben. Entlang des Erkundungsstollens Aicha–Mauls wurden etwa alle 250 m Fenster bzw. gesamte Tübbingringe offen gelassen, damit mögliche Gefügeveränderungen direkt sichtbar sind.

Die Deformationsmessungen sind teilweise in den Tübbing (Aicha–Mauls) oder werden in der Spritzbetonschale (Innsbruck–Ahrental) integriert. Konzeptiv dient dieses Monitoring sowohl der Beobachtung der Radialverformungen nach dem Ausbruch aber auch später während des Baus der Haupttunnel (Bild 5).

Die mittels nicht linearen FE-Berechnungen beim Erkundungsstollen Aicha–Mauls ermittelten Spannungen und Verformungen zeigen, dass der



5 Querschnitt des Tübbingausbaus

5 Cross-section of the segmental support

Extremwert der Spannung (σ_{ax}) etwa 1,9 MPa beträgt. Dieser Wert tritt in der Tunnelschale nahe der Verbindung zwischen dem rechten Segment und dem Bodensegment auf. Die Vertikalspannung erreicht einen maximalen Wert von 4,3 MPa seitlich an der Tunnelschale. Die maximale Vertikalverformung in der Firste beträgt ca. –3 mm. Die Horizontalverformung ist sehr gering (Tabelle 1).

Das Verhalten der Tübinge unter zunehmender Belastung zeigt einen relativ linearen Anstieg mit einem ausgeprägten plastischen Bereich. Nach derzeitigen Untersuchungen der Betondruckfestigkeit der Fertigteiltübinge liegt die Zylinderdruckfestigkeit über 50 MPa.

Ganz wesentlich ist beim Monitoring nicht nur die fachgerechte Erfassung der Daten, sondern vor allem die Interpretation der Ergebnisse in Bezug auf die Sicherheit der Ausbaumaßnahmen [5]. Prinzipiell stellen die gemessenen Verformungen den Zustand der Einwirkung dar. Dem gegenüber steht der Widerstand der Ausbauelemente (Tübinge oder Spritzbeton). Nachdem es sich um verformungsrelevante Kenndaten handelt, werden die gemessenen Verformungen „ u_{Mon} “ der Einwirkung den Maximalverformungen „ $u_{\text{R,max}}$ “ des Ausbaus (berechnet oder expe-

by conventional means. Water inflows in this section were considerably more restricted than predicted amounting to about 5 l/s.

Work on the 400 m long Unterplattner Tunnel, which is

close to the surface, where the conveyor systems are to run between the Aicha site and the Hinterrigger dump, was also concluded.

Work on the Innsbruck–Ahrental exploratory tunnel began on December 4th, 2009. After constructing the water protection facilities drill+blast will be used to construct the first roughly 290 m long section in the Sillschlucht near Innsbruck. Over the first 30 m with crumbling rock, steel lances were installed at the face securing the working area in advance to restrict overbreak and protect the crew. Afterwards the 5.4 km Innsbruck–Ahrental exploratory tunnel and the 2.42 km Ahrental access tunnel are to be produced by means of drill+blast.

rimentell ermittelt) gegenübergestellt.

Bei einem linearen Verhalten kann die Maximalverformung des Ausbauelementes (Beton) vereinfacht wie folgt errechnet werden [4, 6, 7]:

$$u_{R,max} = \frac{p \cdot r_0^2}{E_c \cdot t_c} = \frac{f_c \cdot r_0}{E_c} \quad [1]$$

Zur Abschätzung der notwendigen Sicherheit wird eine vereinfachte probabilistische Betrachtung durchgeführt. Dabei stellt die Einwirkung eine normalverteilte und der Ausbauwiderstand eine lognormalverteilte Basisvariable dar.

Unter Berücksichtigung von streuenden Variablen kann der Sicherheitsindex (ähnlich der Sicherheitstheorie) ermittelt werden (Bild 6):

$$R - S = Z \quad [2]$$

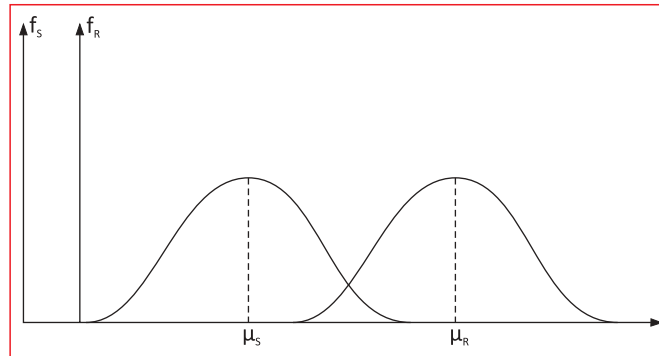
$$\frac{f_c \cdot r_0}{E_c} - u_{Mon} \geq 0 \quad [3]$$

Nun werden der Mittelwert und die Standardabweichung der Basisvariablen errechnet. Damit kann nun mit nachfolgender Formulierung der Sicherheitsindex β errechnet werden (Bild 7).

$$\beta = \frac{\ln \left(\frac{u_{R,maxLN}}{\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma(u_{R,maxLN})}{u_{R,maxLN}} \right)^2}} \right) - u_{Mon}}{\sqrt{\ln \left(1 + \left(\frac{\sigma(u_{R,maxLN})}{u_{R,maxLN}} \right)^2 \right) + \sigma(u_{Mon})^2}} \quad [4]$$

Die statistischen Kenngrößen der lognormalverteilten Größe des Ausbauwiderstandes errechnet sich vereinfacht:

$$u_{R,maxLN} = \ln \left(\frac{u_x}{\sqrt{1 + v_x^2}} \right) \quad [5]$$



6 Schematische Darstellung der Sicherheitsbewertung
6 Schematic presentation of the safety assessment

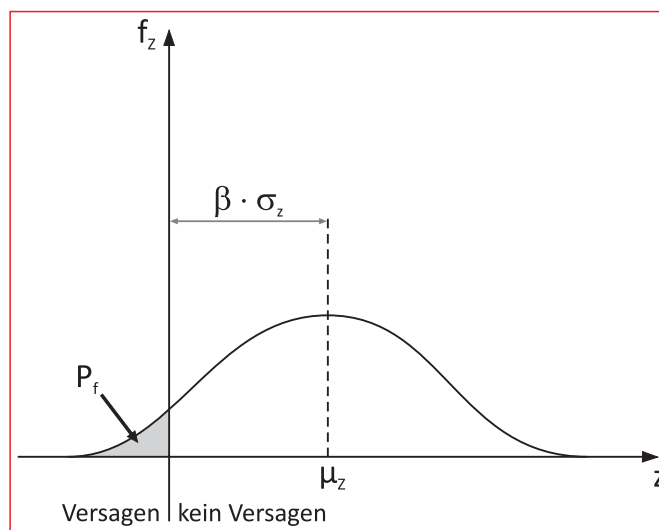
$$\sigma(u_{R,maxLN}) = \sqrt{\ln(1 + v_x^2)} \quad [6]$$

für $v_x \leq 0,25$

$$v_x = \frac{\sigma(u_{R,max})}{u_{R,max}} \quad [7]$$

Für die stochastische Modellierung werden aufbauend auf einigen Bewertungen die Größenordnungen in Tabelle 2 gewählt.

Da es sich bei dieser Grenzwertbetrachtung um Verformungskriterien handelt, werden je nach Anwendungsfall und weiterer Entwicklung des Ausbaues 3 Bewertungen vorge schlagen (Tabelle 3).



7 Sicherheitsindex β
7 Safety index β

left open roughly every 250 m along the exploratory tunnel Aicha-Mauls in order to ensure that any structural changes were visible to the naked eye. The deformation measurements are partly integrated in the segments (Aicha-Mauls) or the shotcrete shell (Innsbruck-Ahrental). In concept this monitoring programme serves the observation of radial deformations following excavation as well as later when the main tunnels are being built (Fig. 5).

The stresses and deformations established by means of a non-linear calculation show that the extreme value of the stress (σ_{xx}) amounts to roughly 1.9 MPa. This value occurs in the tunnel shell close to the connection between the right segment and the base segment. The vertical stress reaches a maximum value of 4.3 MPa to the side of the tunnel shell. The maximum vertical deformation in the roof amounts to around 3 mm. The horizontal deformation is extremely slight (Table 1).

3.3.2 Monitoring

An extensive monitoring programme was developed or prescribed by the authorities for observing the rock formations and to secure verification for the exploratory tunnel for the Brenner Base Tunnel. Windows or entire segmental rings were

The behaviour of the segments under increasing load reveals a relatively linear increase with a defined plastic zone. According to current investigations of the concrete compressive strength for the ready-cast segments the cylinder compressive strength is in excess of 50 MPa.

Essential for monitoring is the proper processing of the data as well as the interpretation of the results with regard to the safety of the support measures [5]. In principle the measured deformations represent the state of the effect. This is opposed by the resistance of the support elements (segments or shotcrete). As deformation-relevant characteristics are concerned here, the measured deformations „ u_{Mon} “ are compared with the effect of the maximum deformations „ $u_{R,max}$ “ of the sup-

Ziel ist es, durch laufende Messungen die Prognosen zu verbessern, damit die Risiken beim Bau und damit auch die Kosten möglichst kalkulierbar bleiben können.

3.3.3 Haupttunnel

Beim Brenner Basistunnel hat man durch die sehr umfangreichen geologischen und hydrogeologischen Bohrungen im Umfang von mehr als 25 000 m ein enormes Wissen erarbeitet. Zusätzlich werden diese Erkenntnisse durch die Ergebnisse des Erkundungsstollens noch bereichert werden. Dabei werden die geologisch schwierigen Abschnitte zuerst vom Erkundungsstollen aufgeföhren, damit diese Erkenntnisse beim Bau des Haupttunnels einfließen können. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand werden beim Haupttunnel etwa 2/3 maschinell mit Tunnelbohrmaschinen und 1/3 konventionell mit Sprengungen vorgetrieben.

Gebirgsverbessernde Maßnahmen und Injektionen können sowohl vom Erkundungsstollen vorseilend oder vom Haupttunnel aus durchgeführt werden. Mittels Hochdruckinjektionen mit Spezial-Zement-Suspensions-Lösungen kann das Gebirge verbessert und eventueller Wasserandrang reduziert werden. Diese Techniken können sowohl zur Sicherung der Ortsbrust während eines Werkzeugwechsels bei Tunnelbohrmaschinen als auch bei Tunnelabschnitten mit schlechterem Gebirge und höherem Wasserandrang eingesetzt werden. Solche Maßnahmen können beim Brenner Basistunnel in einigen Abschnitten, wie beim Innsbrucker Quarzphyllit, bei den Hochstegerer Kalken – Vennal, bei der Periadriatischen Naht bei Maals eingesetzt werden.

Die Vorgangsweise bei gebirgsverbessernden Maßnahmen kann wie folgt zusammengefasst werden:

Tabelle 2: Statistische Kenndaten zu den Verformungen aus Einwirkung und Widerstand

Table 2: Statistical Characteristic Values for the Deformations from Effect and Resistance

Basisvariable Basis variable	Verteilungstyp Distribution type	Variationskoeffizient v % Variation Coefficient v %
Einwirkung – Monitoring: Radialverformungen Effect – monitoring: Radial deformations	Normal	20 – 35
Widerstand – Ausbau: Maximalverformung Resistance – support Maximum deformation	Lognormal	10 – 15

Tabelle 3: Vorschlag einer Sicherheitsbewertung

Table 3: Proposal for Safety Assessment

Bewertung Assessment	Sicherheitsindex β Safety index β	Versagenswahrscheinlichkeit Failure Probability
gering/slight	1.6	5×10^{-2}
mittel/average	2.0	10^{-2}
hoch/high	2.5	5×10^{-3}

- Grobeingrenzung der Störzonen durch Reflexionsseismik
- Vorausbohrungen durch Kernbohrungen bzw. Schlagbohrungen evtl. im Schutze eines Preventers
- Reduktion der Wassereintritte durch Vorausinjektionen (Schirme) mit Überlappung
- Durchörterung der Störzone im Schutze des Schirmes.

Die Reflexionsseismik wird derzeit auch beim Erkundungsstollen Aicha–Maals eingesetzt. Die Ergebnisse solcher Messungen müssen aber stets sorgfältig interpretiert und gegebenenfalls mit Vorausbohrungen ergänzt werden. Diese Erfahrungen wurden auch bei der Störzone bei Km 6,1 beim Erkundungsstollen Aicha–Maals gemacht.

Der Bau des Haupttunnels erfolgt in der Phase III, die noch nicht an die BBT SE beauftragt wurde. Ziel ist es, mit den Planungen zum Haupttunnel im Jahre 2010 zu beginnen.

3.4 Materiallogistik

Die Gesamtmenge des anfallenden Tunnelausbruchmate-

process the effect represents a normal distribution basis variable and the support resistance a lognormal one.

Taking scatter variables into consideration the safety index (similar to the safety theory) can be determined (Fig. 6):

$$R - S = Z \quad [2]$$

$$\frac{f_c \cdot r_0}{E_c} - u_{\text{Mon}} \geq 0 \quad [3]$$

The average value and the standard deviation for the basis variables are now calculated. In this way the safety index β can be worked out by means of the following formulation (Fig. 7).

$$\beta = \frac{\ln \left(\frac{u_{R, \text{maxLN}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma(u_{R, \text{maxLN}})}{u_{R, \text{maxLN}}} \right)^2}} \right) - u_{\text{Mon}}}{\sqrt{\ln \left(1 + \left(\frac{\sigma(u_{R, \text{maxLN}})}{u_{R, \text{maxLN}}} \right)^2 \right) + \sigma(u_{\text{Mon}})^2}} \quad [4]$$

The static characteristic values of the lognormal distribution value of the support resistance can be worked out in simplified form:

$$u_{R, \text{maxLN}} = \ln \left(\frac{u_x}{\sqrt{1 + v_x^2}} \right) \quad [5]$$

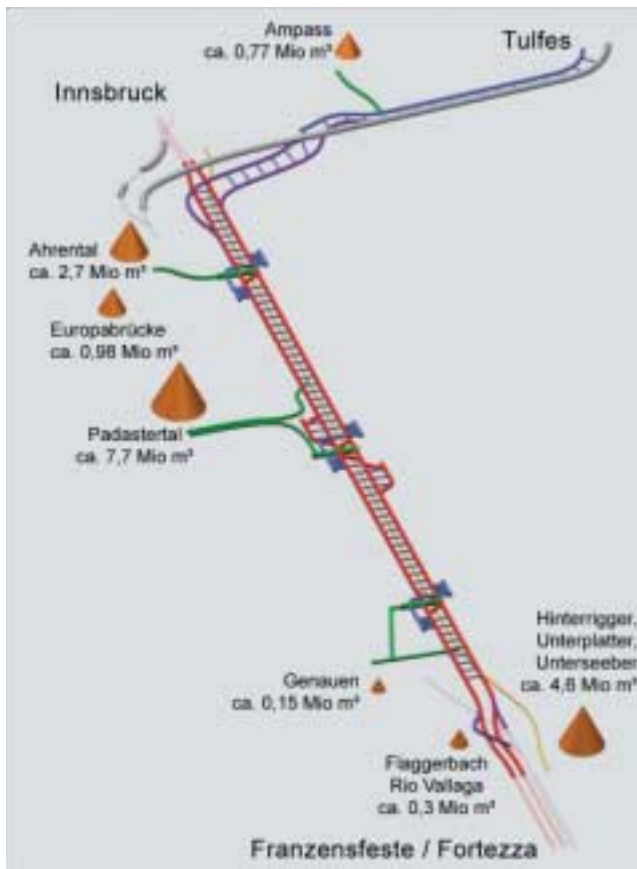
$$\sigma(u_{R, \text{maxLN}}) = \sqrt{\ln(1 + v_x^2)} \quad [6]$$

port (determined by analysis or experimentally).

Given linear behaviour the maximum deformation of the support element (concrete) can be calculated in simplified form as follows [4, 6, 7]:

$$u_{R, \text{max}} = \frac{p \cdot r_0^2}{E_c \cdot t_c} = \frac{f_c \cdot r_0}{E_c} \quad [1]$$

To estimate the required safety a simplified probabilistic assessment is executed. In the



8 Deponien entlang des Brenner Basistunnels

8 Dumps along the Brenner Base Tunnel

rials des Brenner Basistunnels inklusive der Ausbruchmengen aus dem Erkundungsstollenprogramm beträgt im verdichteten Zustand etwa 15,5 Mio. m³. Die Deponien werden unmittelbar bei den Fensterstollen angeordnet; die teils sogar – wie im Padastertal – mit einem eigenen Transporttunnel verbunden werden. Durch diese Optimierung können die Transportwege reduziert und der Abtransport des Materials ohne lange Wege auf öffentlichen Straßen erfolgen. Im Rahmen der baugewissenschaftlichen Untersuchungen wurde das Ausbruchmaterial anhand der geologischen Untersuchungen prognostiziert und insgesamt in 4 lithologische Klassen zusammengefasst. Jede dieser 4 Klassen wurde in entsprechende Verwertbarkeitsklassen unterteilt, und zwar in Material für

Betonzuschlagstoffe, in Schüttmaterial und in nicht weiter verwertbares Ausbruchmaterial. Für die Berechnung der Deponien wurde nur die Klasse A ausgenommen (Bild 8). Folgende Verwertbarkeitsklassen wurden unterschieden:

- Verwertbarkeitsklasse A: hochwertiges Material, geeignet für Betonzuschlagstoffe
- Verwertbarkeitsklasse B: Material für Dammschüttungen und Hinterfüllungen
- Verwertbarkeitsklasse C: nicht wieder verwertbares und zur Endlagerung auf Deponien bestimmtes Material.

4 Zusammenfassung

Der „Brenner Basistunnel kommt“ – das war eine Feststellung am 16. Juni 2009 durch den leider am 22. Juni 2009 verunglückten EU-Koor-

für $v_x \leq 0,25$

$$v_x = \frac{\sigma(u_{R,max})}{u_{R,max}}$$

[7]

The orders of magnitude shown in Table 2 are selected for stochastic modelling based on a number of assessments.

As this consideration of limit values relates to deformation criteria, 3 assessments are proposed depending on the case of application and further development of the support (Table 3).

The aim is to improve prognoses by continuous measurements so that the risks during construction and in turn the costs as well can remain calculable.

3.3.3 Main Tunnel

Enormous knowledge has been acquired for the Brenner Base Tunnel project through a very extensive geological and hydrogeological drilling programme in excess of 25,000 m. Furthermore these recognitions have been further enriched through the results obtained from the exploratory tunnel. Towards this end the geologically tricky sections are first penetrated by the exploratory tunnel so that these findings can be included in the data for constructing the main tunnel. As things appear at present roughly 2/3rd of the main tunnel will be driven by mechanised means using tunnel boring machines and 1/3rd conventionally with drill+blast.

Measures designed to improve the rock and grouting can be executed both in advance from the exploratory tunnel as well as from the main tunnel. The rock can be improved by high-pressure injections using special cement suspension solutions and possible ingressing water reduced. These techniques can be deployed either to secure the face during a tool

change on the tunnel boring machines as well as for tunnel sections with poorer quality rock and a high inrush of water. Such measures can be utilised for the Brenner Base Tunnel in certain sections such as for the Innsbruck quartz phyllite, the Hochstegen Limes – Venntal or the Periadriatic Seam at Mals.

The process adopted for rock improvement measures can be summarised as follows:

- Rough delimitation of the fault zones by reflection seismics
- Advance drilling using core drilling or percussion drilling possibly protected by a preventer
- Reduction of inflowing water via advance grouting (umbrellas) with overlapping
- Penetrating the fault zone protected by the umbrella.

Reflection seismics is currently also being applied for the Aicha–Mals exploratory tunnel. The outcome of such measurements must however always be carefully interpreted and rounded off with advance drilling if need be. These recognitions were also obtained at the fault zone at km 6.1 for the Aicha – Mals exploratory tunnel.

The production of the main tunnel takes place during Phase III, which the BBT SE has still not been commissioned with. The aim is to commence the planning programme for the main tunnel in 2010.

3.4 Material Logistics

The total amount of the tunnel excavation material produced by the Brenner Base Tunnel including the quantities from the exploratory tunnel programme will constitute around 15.5 mill. m³ in compacted state. The dump sites will be set up immediately alongside the access tunnels; these will in some cases be linked with their own transport tunnel – as is the case in the Padastertal. Thanks to such optimisation transport routes can be reduced and the

dinator Karel Van Miert. Derzeit werden die Erkundungstollenabschnitte gebaut, demnächst werden wir mit einer übergeordneten Leitplanung (guide design) für den Haupttunnel beginnen und diesen bauen. Die BBT SE möchte mit diesem Infrastrukturbau auch einen wissenschaftlichen Mehrwert schaffen. Am 5. Juni 2009 wurde ein Rahmenvertrag mit 7 Universitäten abgeschlossen. Dabei sollen durch die Universitäten neue Technologien wissenschaftlich unterstützt, wirtschaftliche, soziale und ökologische Themen aufgegriffen und bearbeitet werden. Durch einen intensiven Austausch sollen auch die Erfahrungen der umliegenden Tunnelbauten eingebunden werden. 

Literatur

- [1] Bergmeister, K. (2008): Brenner Basistunnel – Lebensräume und Verkehrswege. Tappeiner-Verlag – Lana, Innsbruck.
- [2] Bergmeister, K. (2006): Service Life Monitoring of Tunnels. 1. Internat. Workshop of Underground Structures. Shanghai, 10-2006.
- [3] Hoek, E.: Practical Rock Engineering. 2007, [http://www.rockscience.com/hoek/PracticalRock Engineering](http://www.rockscience.com/hoek/PracticalRockEngineering).
- [4] Kainraht-Reumayer, St.; Gschwandtner, T.; Galler, R.: Das Kennlinienverfahren als Hilfsmittel für die Bemessung von tiefliegenden Tunnelbauwerken. In: Geomechanics and Tunneling 2, Nr. 5, S. 553–560, 2009.
- [5] Strauss, A.; Bergmeister, K. Damage identification methods using static or dynamic response. Euro C-2006. Wien, Austria.
- [6] Vlachopoulos, N.; Diederichs, M.: Improved Longitudinal Displacement Profiles for Convergence Confinement Analysis of Deep Tunnel. Rock Mechanics and Rock Engineering, 2009, pp. 131–146.
- [7] Wittke, W.; Wittke-Gattermann, P.: Tunnelstatik. In: Betonkalender 2005, S. 495–498. Hrsg. Bergmeister, K.; Wörner, J. Verlag Ernst & Sohn, Berlin.

material removed without having to use lengthy routes via public roads. The excavated material was forecast on the basis of the construction logistical investigations and assessed in 4 lithological classes. Each of these 4 classes was divided into corresponding utilisability subclasses – namely material for concrete aggregates, fill material and excavated material with no further use. Only class A was excluded for calculating the dumps (Fig. 8). The following utilisability classes were defined:

- Utilisability class A: high-grade material suitable for concrete aggregates
- Utilisability class B: material for embankment fills and backfilling
- Utilisability class C: material with no further use and to be dumped on site.

4 Summary

The “Brenner Base Tunnel is coming” – this is what the EU Coordinator Karel Van Miert, who unfortunately died as a result of a fatal accident on June 22nd, 2009, postulated on June 16th, 2009. Currently the exploratory sections are being produced; in the near future we shall commence on a superordinated guide design for the main tunnel and then proceed with building it. The BBT SE is desirous of creating a scientific asset thanks to this infrastructure facility. On June 5th, 2009 a framework agreement was drawn up with 7 universities. In this connection new technologies are to be scientifically supported by the universities with economic, social and ecological themes being tackled. Through intensive exchange findings obtained from the surrounding tunnels will be integrated. 